



University of Tsukuba
筑波大学

関西大学社会安全学部・大学院社会安全研究科主催
第7回東京シンポジウム「これからの交通社会と事故防止」
ーバス・タクシー・トラック・営業車の安全を考えるー
2016年11月11日 関西大学東京センター

自動車の運転アシスト技術はここまで来た ー自動運転の今後と安全ー

筑波大学副学長・理事／教授
稲垣 敏之

inagaki.toshiyuki.gb@u.tsukuba.ac.jp
<http://www.css.risk.tsukuba.ac.jp>

事故件数・死傷者数の削減に向け、1991年より1期5年の推進計画を実施

2011

第5期（2011～2015年度）「飛躍的高度化の実現」

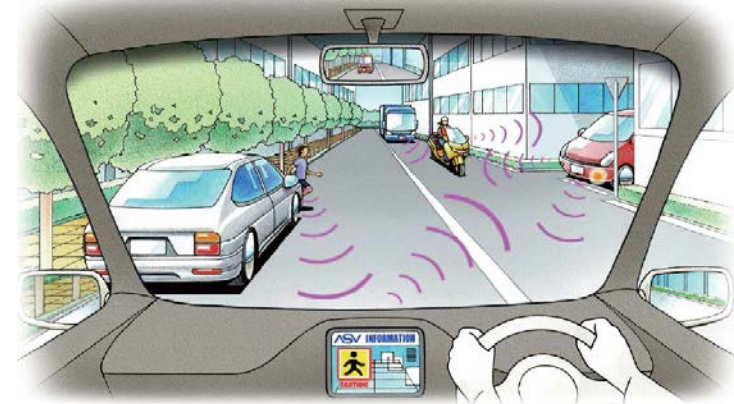
■ ASV技術の飛躍的高度化に関する検討

- ①ドライバー異常時対応システムに関する検討
- ②ドライバーの過信に関する検討
- ③運転支援システムの複合化に関する検討

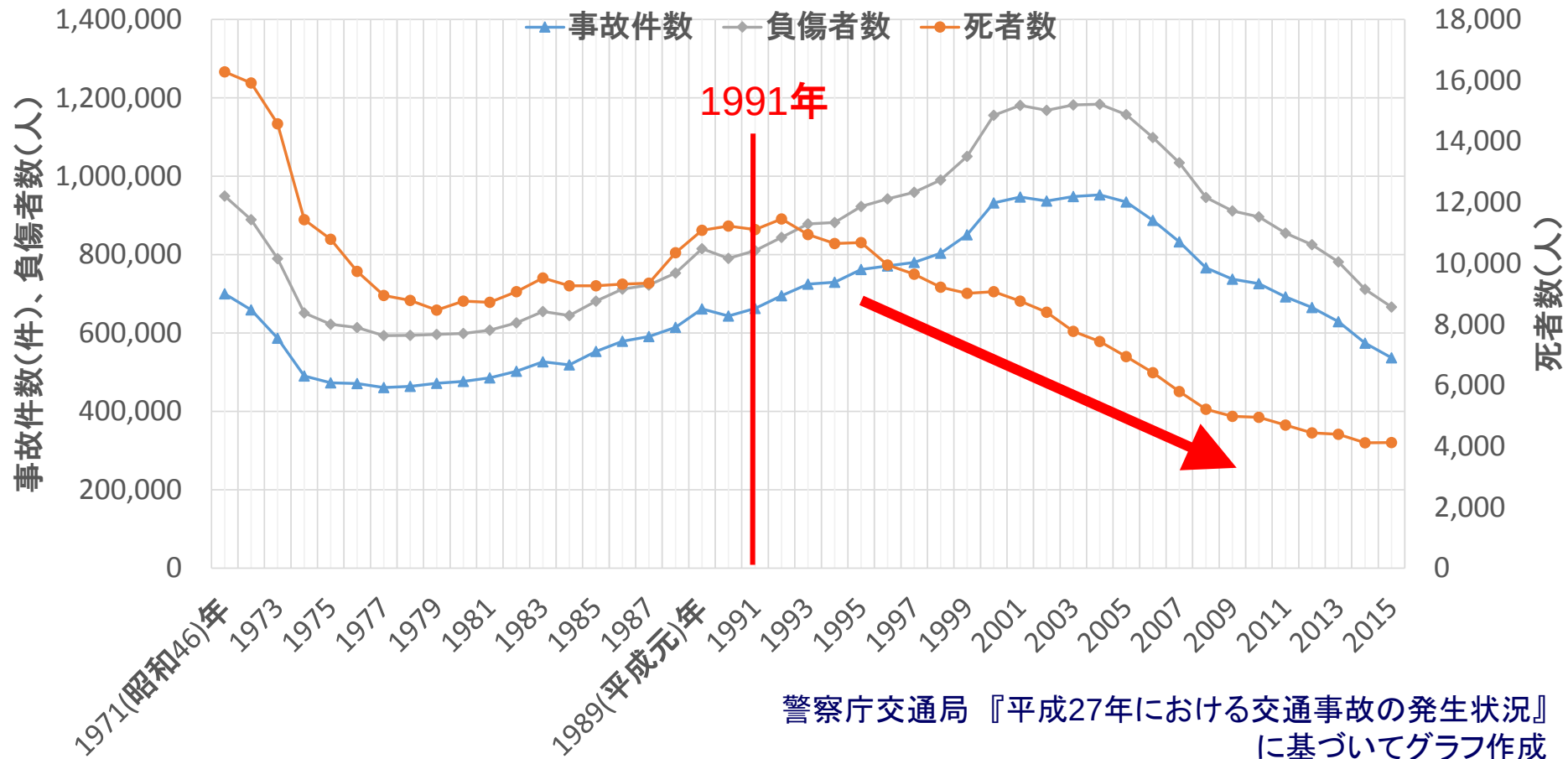
■ 通信利用型安全運転支援システムの開発促進に関する検討

- ①歩車間通信システムに関する検討
- ②次世代の通信利用型運転支援システムに関する検討

■ ASV技術の理解及び普及促進に関する検討



交通事故の概況(1971～2015年)



ASVをはじめとする車両安全対策のほか、道路環境の整備等の取組により
年間死者数はASV推進計画開始時(1991年)から大幅に減少

第5期推進計画の検討体制



ASV推進検討会 (学識者、自動車メーカー、業界団体、関係省庁)

パンフレット作成チーム

運転支援設計分科会

ドライバーモニタリング検討TF

運転支援検討WG

- 運転支援システムの複合化に関する検討
- ドライバー過信に関する検討
- ASV技術に関する理解促進及び普及促進

ドライバー主権検討WG

- ドライバー異常時対応システムに関する検討

通信利用技術分科会

デモ対応TF

- ITS世界会議2013東京への参画

次世代通信利用型システム検討WG

- 次世代の通信利用型運転支援システムに関する検討
- ASV技術に関する理解促進及び普及促進

歩行者事故分析・対策検討WG

- 歩車間通信に関する検討

【活動目標】

実用化されたASV技術の飛躍的高度化

【検討項目】

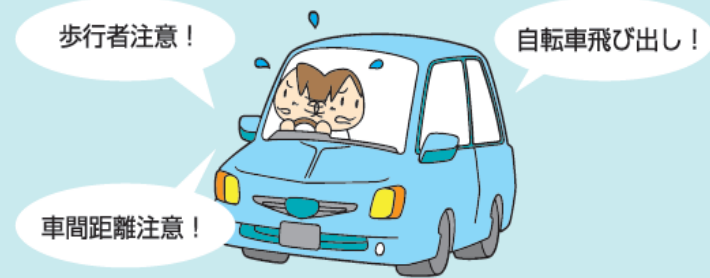
ASV技術の高度化の検討

- 運転支援システムの複合化
- ドライバー過信
- **ドライバー異常時対応システム**

ASV技術の理解促進

- ASV技術に関する理解促進・普及促進

③ 運転支援システムの複合化に関する検討



② ドライバーの過信に関する検討



① ドライバー異常時対応システムに関する検討



■ ドライバー異常による発生事故の主な特徴^{*1}

- 統計上は、年間200～300件の事故が発生
- 事故当たりの死者・重傷者の割合は、他の事故の10倍以上
- 高齢者ほど、事故の割合が高い
- 事故の速度が、他の事故より高い
- 車両単独、追突、正面衝突が3大事故類型。
- 市街地での発生が6割。市町村道、幹線道路が95%
- 単路を直進中に発生することが多い
- 運転中の発作・急病発生時には、意識を喪失する場合が多い
- 運転姿勢の崩れが半数以上(29/44)

*1) ITARDA研究報告書『四輪運転者の発作、急病による交通事故の発生状況の研究(H23/3)』および『疾患・服薬と事故の関係の調査分析(H26/3)』から抽出

■ 目的

発作・急病などの異常^{*2}によりドライバーの運転継続が難しくなったときにドライバーに代わり車両を停止させるシステムの社会導入に道を拓く

■ 検討範囲

- 高速道路および一般道で広く機能するものを検討する
- 大型車／普通車、バス／乗用車によらず適用できるものを検討する
- ドライバーに代わり車両を停止させるシステムを検討する

*2) 突然の脳血管疾患・心疾患・消化器疾患・失神など、ドライバー自身が予測困難な体調急変に対応することを主目的とする。ただし、居眠り、予見される発作、飲酒、薬物服用などによる異常(ドライバー自身が管理すべき異常)を識別し、それらの異常に対して機能を制限するものではない。



ドライバー異常時対応システムのコンセプト



- ドライバー異常を検知し、車両を停止させる制御をしつつ、システム作動状態を報知

減速停止型

緊急減速停止。車線内維持するものを含む

早期実用化に向けて基本設計書を作成

路肩退避型

付近の路肩・非常駐車帯まで車線変更して緊急停止

コンセプトの検討と課題を整理し、報告書にとりまとめ

自動誘導型

サービスエリア、病院など、所定の目的地まで誘導

将来的な技術。時期尚早のため、現時点での検討の対象外

① 異常自動検知型

② 同乗者押しボタン型

③ ドライバー押しボタン型

・ドライバーへの報知

・同乗者への報知

・車外の人への報知

減速停止型の基本設計書の概要



章立て		主な内容
1. はじめに		本システムの目的 / 適用範囲 / 用語の定義
2. 本装置の機能		機能概要 / 主スイッチ
	異常検出方法	異常自動検知型 / 同乗者押しボタン型 / ドライバー押しボタン型
	報知の方法	ドライバーへの報知 / 同乗者への報知 / 車外の道路ユーザーへの報知
	制御の方法	制御開始タイミング / 制動方法 / 停止後の処理 / 操舵による補助 / 制御中のドライバーオーバーライド
	そのほか	作動の解除 / システム故障時の処置 / 他の運転支援制御システムとの 優先順位 / 異常検知手段を複数併用する場合の設計
3. 特記事項		ドライバーへの周知 / 同乗者への周知 / 社会的周知(キャンペーン等)

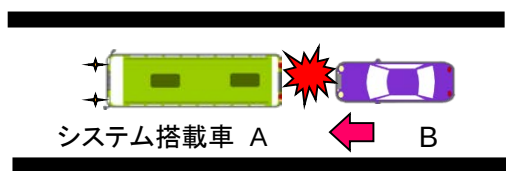
⇒ 国土交通省よりプレスリリース（2016年3月29日付）:

「世界初！『ドライバー異常時対応システム』のガイドラインを策定しました」

- 有識者との意見交換会を実施し、本システムが作動したがために発生する可能性のある事故に対して、配慮すべき事項を整理

事故状況①

高速道路走行車線上で減速停止していたところに車両Bが衝突

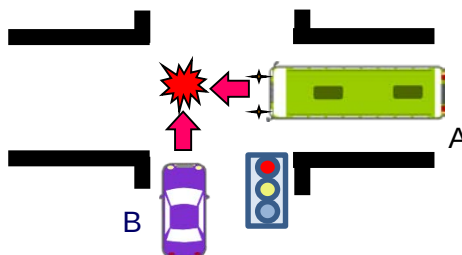


リスク低減対策例:

- 後方からの追突に配慮した制動
- ハザードランプと警笛音等で、緊急車両相当の「車外報知」
- 本システムの導入・動作・対処方法をドライバーにアナウンス

事故状況②

交差点の手前で減速したために赤信号で侵入し、車両Bが衝突

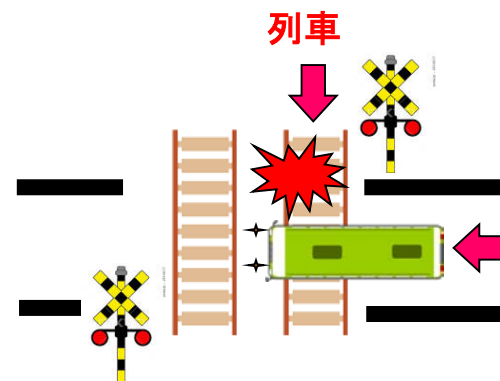


リスク低減対策例:

- ハザードランプと警笛音等で、緊急車両相当の「車外報知」
- 本システムの導入・動作・対処方法をドライバーにアナウンス

事故状況③

踏切内で停止し、列車が衝突(停止しなければ、衝突は回避できた)



リスク低減対策例:

- ハザードランプと警笛音等で、緊急車両相当の「車外報知」

自動検知技術の目標例(減速停止型)

事故概要

平成26年9月26日、貸切バスが乗客13名を乗せて走行中、車両故障により停止していた相手車両に追突した。この事故により、貸切バスの運転者及び添乗員の2名が重傷を負い、乗客13名及び相手車両の運転者1名が軽傷を負った。

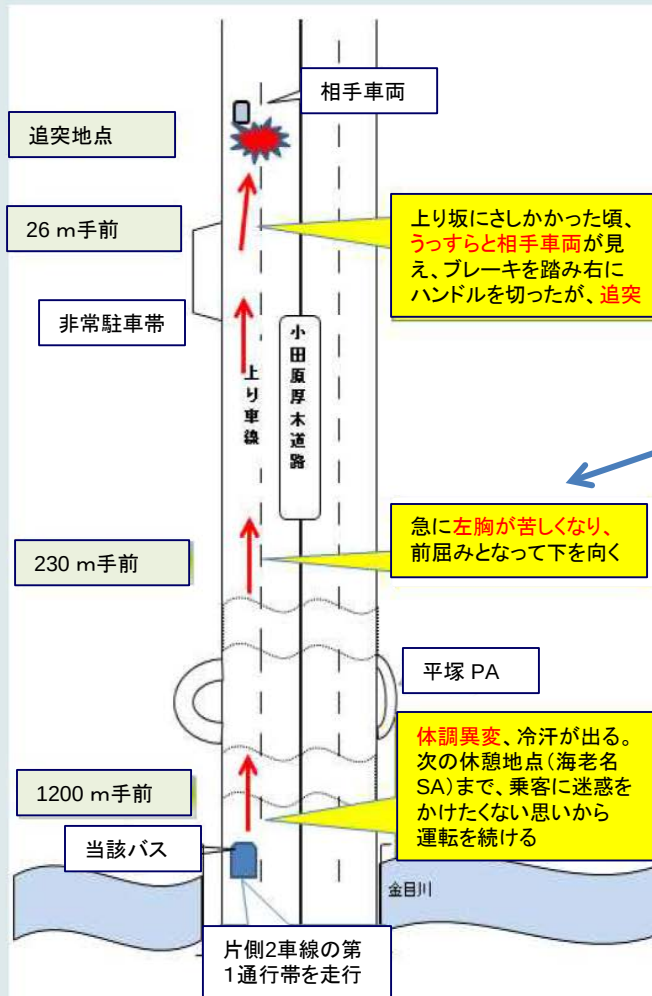


貸切バスの損傷状況

原因

貸切バスの運転者が**体調異変の兆候を感じていたにもかかわらず**運転を続け、前方を注視できなくなったことにより相手車両に気付くのが遅れ追突した。背景には、運転者の健康管理が徹底されておらず、事故当日、運転者の健康状態を把握する点呼が実施されていなかった。

事故状況図



【計算上の仮定】

1. バスは0.25Gで減速
2. ドライバーへの確認時間は3.2秒



衝突回避のためには、追突地点230m手前を起点に、冷や汗などからドライバー異常を約4秒で検出できる技術が必要

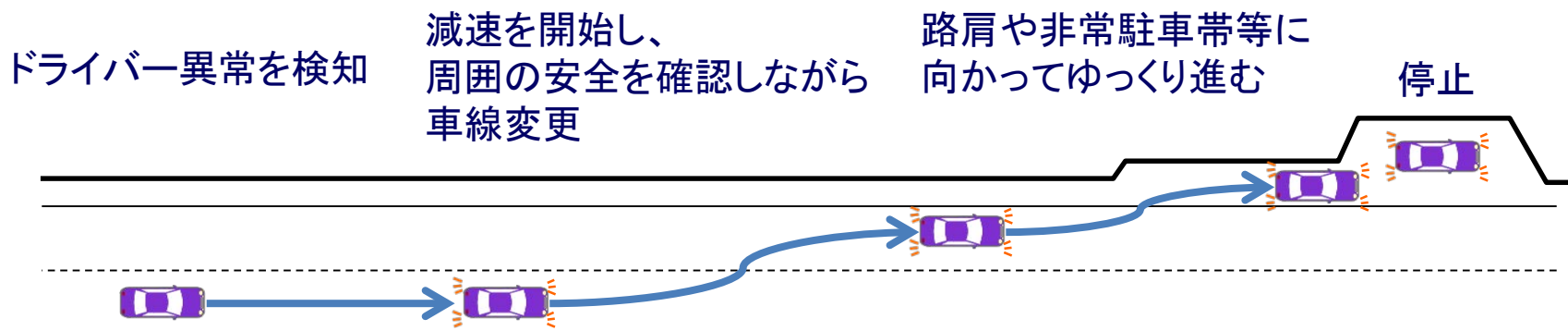


異常検知技術とともにその技術の目標値を含めての技術開発

*事業用自動車事故調査報告書「貸切バスの追突事故」(平成27年11月11日公表)より抜粋

路肩退避型の動作イメージ

- 安全な乗客避難や救助時間の短縮の効果を狙い、路肩^{*}に退避



この間、解除ボタン押下がないことで、「ドライバーは異常状態にある」と判断
(異常自動検知型、同乗者押しボタン型の場合)



システムの作動状態に応じて、ドライバー、同乗者および車外の
道路ユーザーに対して報知

- ^{*} 安全な乗客避難や救助時間短縮の効果を期待できる点から、路肩に限らず道路左端、非常駐車帯(道路右側にあるものも含む)への退避を含めるとともに付近のサービスエリア、パーキングエリアも除外しないこととして検討

代表的なASV技術（その1）

ACC (Adaptive Cruise Control)

一定速で走行する機能および車間距離を制御する機能を持った装置

先行車なし

設定した速度で走行



運転負担軽減



先行車あり

車間距離を一定に保って走行



運転負担軽減



先行車に続いて停止

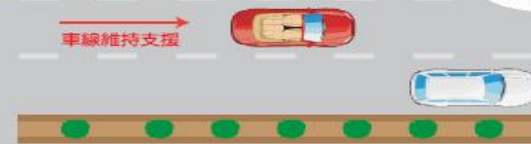
出典： 国交省第5期ASV推進計画パンフレット
www.mlit.go.jp/jidosha/anken/01asv/resource/data/asv5pamphlet.pdf

レーンキープアシスト

走行車線の中央付近を維持するよう操作力を制御する装置

システムあり

車線維持支援

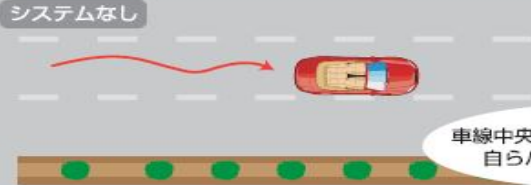


操舵支援



運転負担軽減
車線逸脱警報

システムなし



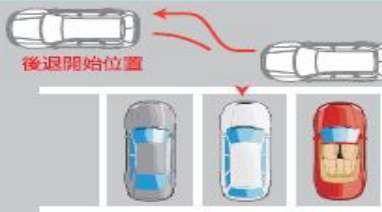
車線中央付近を走行するように
自らハンドル操作を行う



駐車支援システム

後退駐車時、ハンドルの自動制御して後退駐車を補助する装置

システムあり



運転負担軽減！
車庫入れも簡単！



システムなし



駐車は苦手

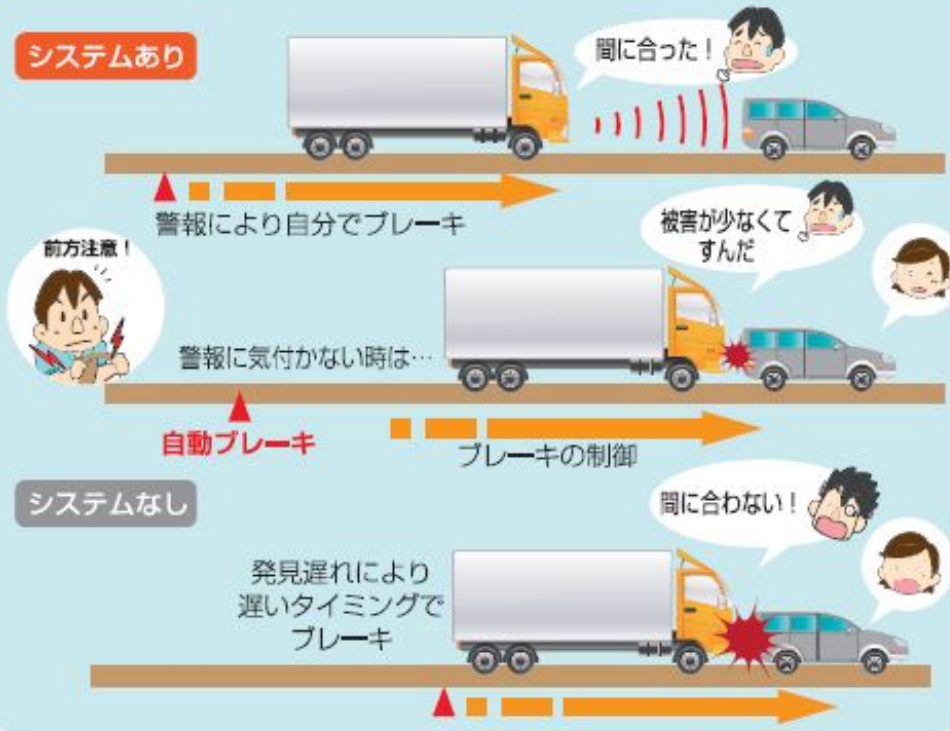


代表的なASV技術（その2）

衝突被害軽減ブレーキ

前方の障害物との衝突を予測して警報し、衝突被害を軽減するために制動制御する装置

システムあり

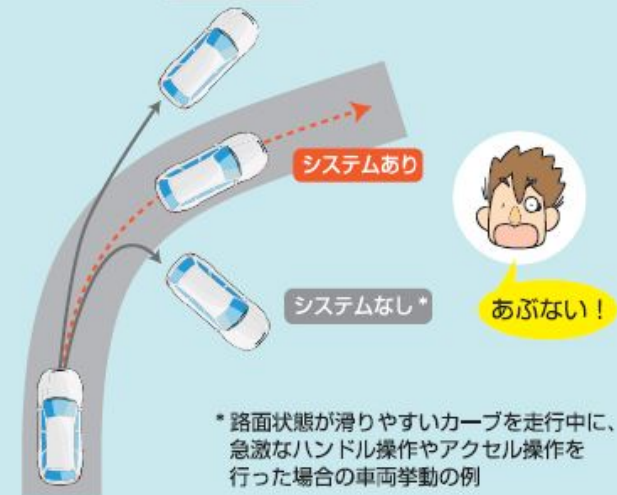


ESC

(Electronic Stability Control)

車両の横滑りの状況に応じて、制動力や駆動力を制御する装置

システムなし*

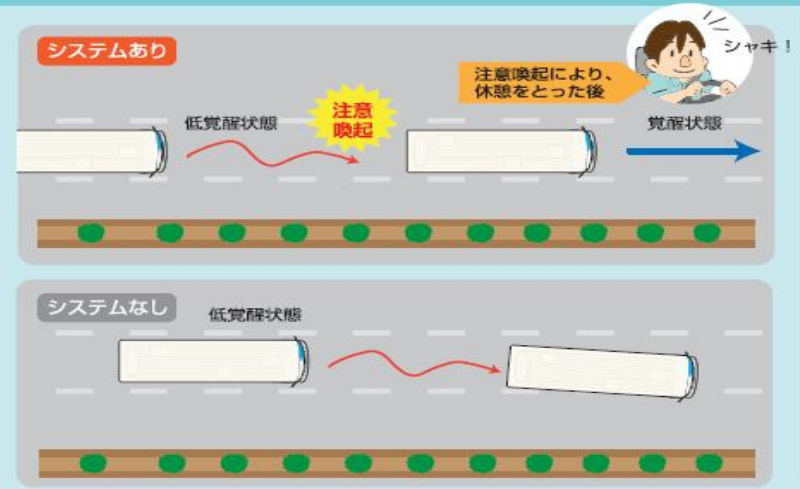


*路面状態が滑りやすいカーブを走行中に、急激なハンドル操作やアクセル操作を行った場合の車両挙動の例

ふらつき警報

ドライバーの低覚醒状態を注意喚起する装置

システムあり



システムなし

低覚醒状態

出典：国交省第5期ASV推進計画パンフレット
www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/resource/data/asv5pamphlet.pdf

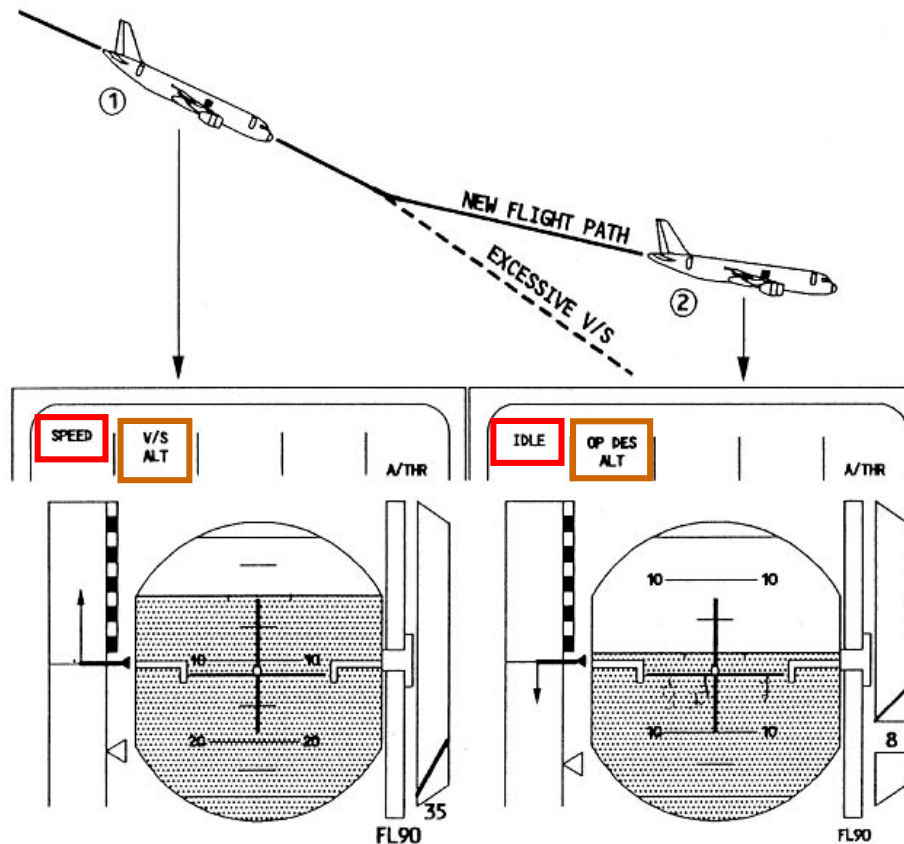
高い知能と自律性を備えた機械がもたらす光と影

賢い機械

- 状況センシング
- 状況理解
- 何をなすべきかを決定し、実行



状況認識の喪失
機械への過信と不信の交錯
オートメーションサプライズ



自動運転レベル (Levels of Driving Automation)

ドライバーは動的運転タスクの一部を担当（走行環境監視はドライバーの役目）

1	Driver Assistance	システムは縦方向制御／横方向制御のいずれか一方を担当。 ドライバーは動的運転タスクの残余分すべてを担当。
2	Partial Driving Automation	システムは縦方向制御と横方向制御の両方を担当。 ドライバーは動的運転タスクの残余分すべてを担当。

システムは動的運転タスクのすべてを担当

3	Conditional Driving Automation	システムは動的運転タスクのすべてを担当。ユーザーに運転交代を求めたいときは、時間余裕をもってユーザーに要請。 ユーザーは、システムの要請に適切に対応すること。
4	High Driving Automation	システムは動的運転タスクのすべてを担当。システム／車両の故障や想定作動環境からの逸脱等が発生しても、システムはユーザーの手助けを求めることなく適切に対応。
5	Full Driving Automation	あらゆる道路条件、走行環境条件下で、システムは動的運転タスクのすべてを担当。

(注) 自動化レベル(levels of automation)と混同しないようご注意ください！

(SAE 2016)

レベル2の自動運転 (Partial Driving Automation)

システム： 縦方向制御と横方向制御の両方を担当。

ドライバー： 走行環境監視を含め、動的運転タスク残余分を担当。



Photo: BMW

監視制御

- 人が何をなすべきかを決め、システムに指示
- システムは、人の指示に沿って制御を実行
- 人は、システムによる制御が適切かどうかを継続的に監視

システムの動作原理、能力限界、サブシステム間の相互干渉等に関する正確な理解が必要

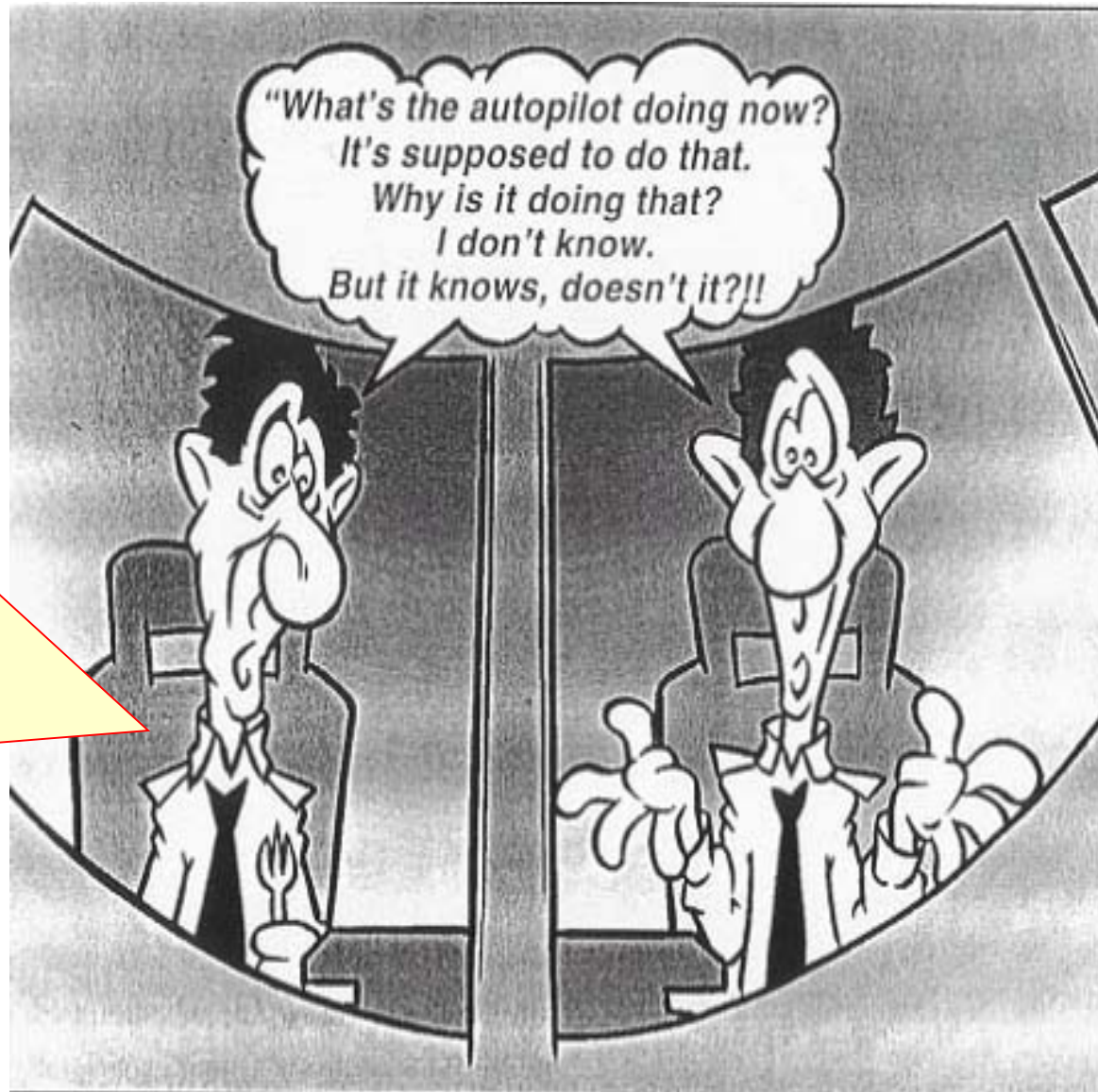


Human-Machine Interface (HMI) のデザインが鍵になる

機械の意図、その意図の背景が明確に分かるか？

なぜ
オートパイロットが
こんなことをするのか
私にはわからない。

でも、
オートパイロットは
わかったうえで
やっているはず
だよね。



(FAA 1995)

レベル3の自動運転 (Conditional Driving Automation)

システム： 走行環境の監視を含め、すべての動的運転タスクを担当。ユーザーに運転交代を求めたいときは、時間余裕をもってユーザーに要請。

ユーザー： システムの要請に適切に対応すること。



Photo: Volvo

- 結果予見、結果回避の義務から解放されているのか？
- 過失責任を問われることもあるのか？
- システムの要請に適切に対応するよう人に求めるのは妥当か？

- 「いつでも運転交代要請に対応できるようにせよ」といわれて、仕事に集中／リラックスできる？ 何のための自動化？

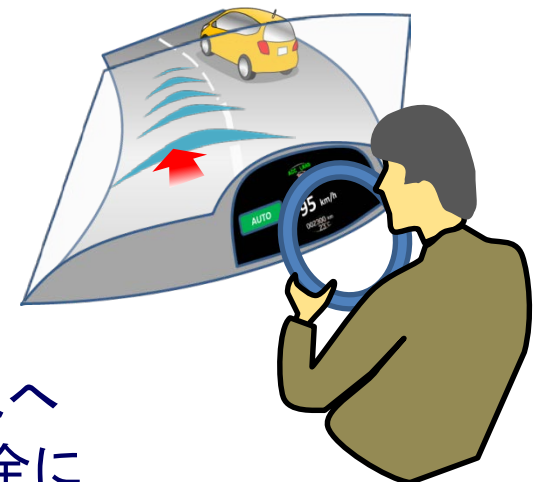
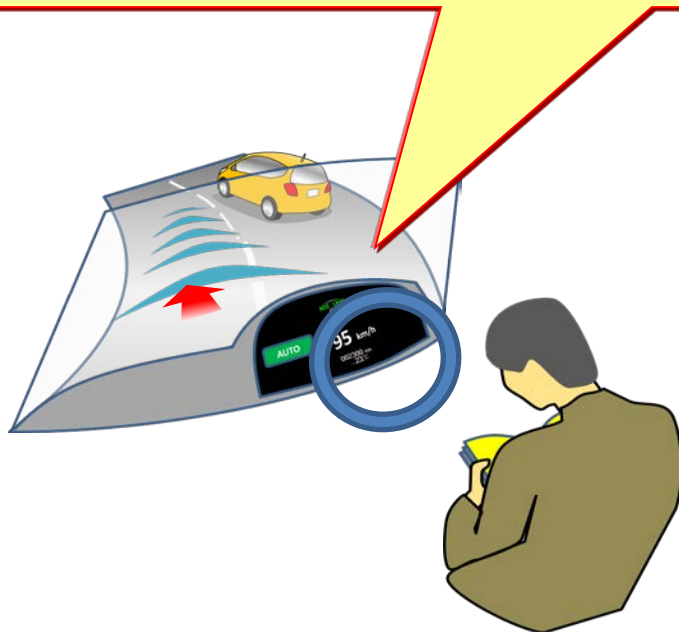
機械の判断による、機械から人への権限委譲

ユーザー：運転操作は行わず、走行環境の監視もしていない。
システムがユーザーに運転交代を求めたとき、
瞬時に状況を見極め、制御を引継がねばならない。

**10秒後に自動走行モードを
解除します。
運転を交代してください**

120 km/h なら 333 m

60 km/h なら 167 m



システムから人へ
権限を円滑・安全に
移行させたい

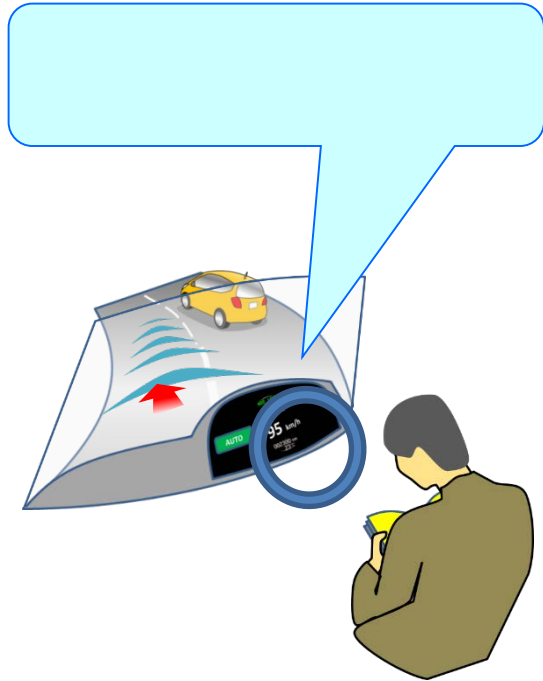
機械から人への権限委譲は成功するとは限らない

エールフランス447便 (A330-200) の墜落 (2009.06)

高高度を飛行中に対気速度に矛盾が生じ、オートパイロット解除。
その後のパイロットの操作が不適切であったため異常姿勢に陥り、墜落。



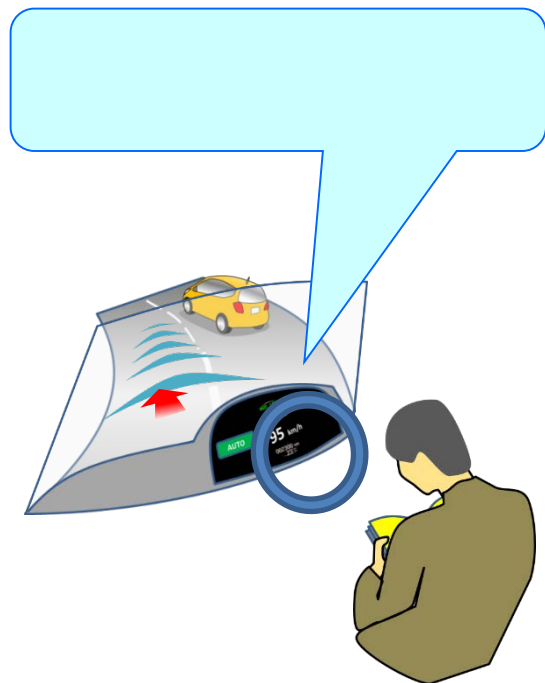
機械から人への権限委譲を行いたいときのメッセージは？



運転しておらず
監視していない
ユーザー

1. 「10秒後にシステム機能限界の発生が予想されます」と注意喚起
2. 「10秒後にシステム機能限界の発生が予想されるため、運転交代してください。引継ぎ確認でき次第、自動走行モードを解除します」と提案
3. 「システム機能限界の発生が予想されるため、10秒後に自動走行モードを解除します。それが不適切と考えられるときは拒否権を発動してください」と宣言
4. 「自動走行モードを解除しました」と報告

ユーザーが運転交代要請に応えないときは？



運転しておらず
監視していない
ユーザー

2. 「10秒後にシステム機能限界の発生が予想されるため、運転交代してください。引継ぎ確認でき次第、自動走行モードを解除します」と提案



10秒経過後も、ユーザーが運転していることが確認できない



例：「権限委譲は不可能」と判断し、システムの機能範囲内で車両停止へ向けての制御を実行

レベル4の自動運転 (High Driving Automation)

システム：すべての動的運転タスクを担当。車両故障、システム自身の故障、想定作動環境（システム設計時に機能を保証すべき環境として想定されたもの）から外れるような事態が発生しても、ユーザーの手助けを求めることなく、システムだけで適切に対応。

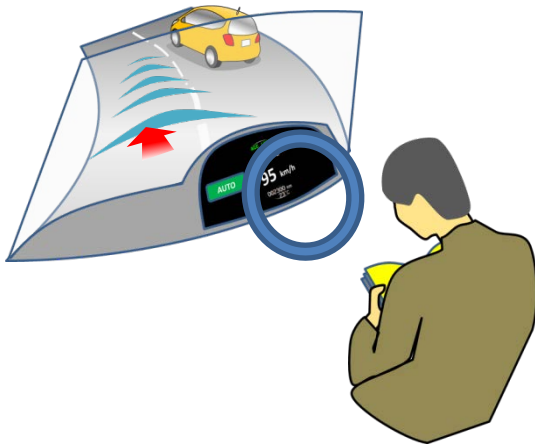


Photo: Volvo

- 「システムだけで対応できる」ことは、「ユーザーに関与させない」ことを意味するのか？
- 何が起きているか、システムはそれに対応しようとしているか等はユーザーに知らせるべきか、知らせる必要はないか？

レベル5の自動運転 (Full Driving Automation)

システム： あらゆる道路条件、走行環境条件下において、動的運転タスクのすべてを担当。



有人運転ではあるが、いわゆる「ドライバー」が乗らない車

- 車外の「ドライバー」が操縦
- 車載 AI が「ドライバー」として操縦

ウィーン条約(ジュネーブ条約)との関係をどのように整理？



Photo: Google

車両の運転者は、正当な注意義務を適正に行使でき、いかなる操作であっても必要なものはいつでも実行できるよう、車両を常に制御できていなければならない

完全自動運転において HMI は不要か？

- 「ドライバーとのインタフェース技術が意味をなさなくなる」
- 「完全自動運転が実用になると、クルマがやり取りする相手はドライバーではなく、乗客になる」

といった意見もあるが・・・



Photo: Google



Photo: Zoox

「タクシードライバー」への信頼が前提

自動運転システムの利用には、それなりの心構えが必要



Photo: BMW



Photo: Volvo

- 監視制御は、楽な仕事ではない
- 高機能なシステムの動作原理や能力限界を知らないと、システムを正しく監視することはできない
- 権限の的確な引継ぎには、瞬時の状況判断力が不可欠
- 自動運転の活用には、ドライバーも社会も意識改革が必要